

学校编码: 10384
学号: 22320051302453

分类号__密级__
UDC__

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

供应链中的信息流和动态性研究

Research on Information Flow and Dynamics of Supply Chains

任 如 广

指导教师姓名: 张霄力 副教授

专 业 名 称: 控制理论与控制工程

论文提交日期: 2008 年 5 月

论文答辩时间: 2008 年 月

学位授予日期: 2008 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2008 年 6 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在年解密后适用本授权书。
2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

摘 要

随着信息时代的到来，全球经济的一体化进程不断推进，企业之间的市场竞争越来越变成供应链之间的竞争。供应链系统的动态复杂性研究在供应链管理中显的尤为重要，而信息传递是影响供应链系统动态特性的重要因素。信息在供应链中传递的过程中，会出现不同程度的信息扭曲现象，造成了运作成本和风险的增加，产生严重制约供应链系统的牛鞭效应。然而供应链中的信息共享则会降低需求预测和订货量的变异，保证了一定条件下供应链系统的稳定性。

本文利用控制论的相关方法研究了信息流对供应链系统动态性的影响。主要讨论了供应链系统的控制方法模型，牛鞭效应的量化方法，分析了在只存在生产运输提前期下供应链系统的动态稳定性。

首先介绍了供应链管理中的信息问题。分析了信息传递在供应链系统中的重要作用，对成本控制、供应链系统的稳定性有很大影响。尤其讨论了供应链中的信息扭曲——牛鞭效应现象的产生机理和量化方法。接着讨论了基于控制论的供应链系统数学模型，讨论了一类离散供应链系统的差分方程模型。

其次在无信息延迟下分析了单级供应链系统的动态特性，利用状态空间法建立了系统的动态模型，并对不同提前期情况下系统的稳定性进行了分析，得出了固定提前期情况下使系统稳定的订货参数范围。

最后引入切换系统研究方法，建立多级供应链系统的切换系统模型，由于分销商存在多种库存状态，看作是切换系统的多个子系统，其特性由子系统和切换规则函数所决定。通过对子系统的稳定性和切换规则分析表明，这种切换动作导致了系统出现复杂的动态行为。

关键词：供应链；信息流；稳定性

Abstract

With the advent of the information age, the competition between corporations has evolved into the competition on Supply Chain with the globalization and the intensification of competition. Dynamic complexity of supply chains is particularly important, and the transmission of information is the important factor which affects the supply chain system dynamic characteristics. In the process of information transmission, there will be different levels of information distortions, causing operational costs and increase the risk, resulting bullwhip effect which have seriously restricted the supply chain system.

This paper discusses the information issue in Supply Chain Management (SCM) using the relevant control theory, especially analyzes how the phenomenon of distortion of information affects supply chain system, and analyzing the stability of supply chain system without information lead time.

First, we analyze the transmission of information in the supply chain system in the role of information sharing on the impact of the supply chain, in particular discussed the information in the supply chain distortions - bullwhip effect. The control theory based on the supply chain system of two mathematical model, that is, the difference equation discrete systems model and state-space model, and then introduces quantitative methods of the bullwhip effect.

This was followed by analysis of the supply chain dynamic nature when the information delay does not exist under the single-class supply chain system. We draw the parameters which lead to stability of the supply chain.

Finally, with introduction of switched systems research methods, we establish a multi-class supply chain switched system model. Analysis shows that the switching law leads to the supply chain system in the complex dynamic behavior.

Key Words: Supply Chain; Information Flaw; Stability

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 论文的研究背景与意义	1
1.2 相关文献综述	2
1.2.1 供应链的复杂动态性	2
1.2.2 供应链中牛鞭效应现象	2
1.2.3 供应链中的信息共享研究	4
1.3 本文主要研究内容	5
第二章 供应链管理与信息问题	6
2.1 供应链的概念与结构	6
2.1.1 供应链的定义和结构	6
2.1.2 供应链的特征	8
2.2 供应链中的信息问题	8
2.2.1 供应链中信息的内容	9
2.2.2 供应链中的信息共享	10
2.2.3 供应链中的信息扭曲——牛鞭效应问题	12
第三章 基于控制论的供应链系统模型和牛鞭效应量化	15
3.1 基于控制论的供应链系统模型	15
3.1.1 多级供应链系统的离散差分模型	15
3.1.2 基于 IOBPCS 补货策略的供应链系统状态空间模型	17
3.2 牛鞭效应的量化方法	20
3.2.1 基于数理统计学的牛鞭效应量化研究	20
3.2.2 基于控制论的牛鞭效应量化研究	22
3.3 小结	23
第四章 无信息延迟下供应链系统的动态性研究	24

4.1 引言	24
4.2 相关理论基础——切换系统理论和 LMI 方法	25
4.2.1 切换系统的定义和稳定性	25
4.2.2 线性矩阵不等式 (LMI) 方法介绍	28
4.3 单级供应链系统的动态稳定性	29
4.3.1 供应链系统的动态模型	29
4.3.2 系统的稳定性分析	33
4.4 多级链式供应链系统的动态特性	38
4.4.1 系统的描述和差分方程	38
4.4.2 系统的状态空间模型	41
4.4.3 子系统的稳定性分析	44
4.4.4 切换系统的动态性分析	45
4.5 小结	47
第五章 总结与展望	48
参考文献	49
硕士期间发表的论文	54
致 谢	55

CONTENT

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Researching background and significance.....	1
1.2 Review of relevant literature.....	2
1.2.1 Dynamic complexity of supply chains.....	2
1.2.2 Bullwhip effect.....	2
1.2.3 Research on information sharing	4
1.3 Main work of this paper.....	5
Chapter 2 Supply Chain Management and Information Problem	
.....	6
2.1 The concept and structure of supply chains.....	6
2.1.1 Concept and structure.....	6
2.1.2 The characteristics of supply chains.....	8
2.2 Information problem of supply chains.....	8
2.2.1 The content of information.....	9
2.2.2 Information sharing of supply chains.....	10
2.2.3 The bullwhip effect.....	12
Chapter 3 Modeling the Supply Chain and Quantifying the	
Bullwhip Effect Based on Control Theory.....	15
3.1 Modeling the supply chain based on control theory.....	15
3.1.1 The defference equation model of multi-echelon supply chains	
.....	15
3.1.2 The state space model of supply chains based on IOBPCS	
replenishment policies.....	17
3.2 Quantifying the bullwhip effect	20
3.2.1 Study based on statistics.....	20

3.2.2 Study based on control theory	22
3.3. Conclusion.....	23
Chapter 4 Research on dynamics of supply chains without	
information lead time.....	24
4.1 Introduction.....	24
4.2 Switched system and LMI method.....	25
4.2.1 The stability of switched system.....	25
4.2.2 Linear matrix inequalities method.....	28
4.3 The stability of single-echelon supply chains.....	29
4.3.1 Dynamics model.....	29
4.3.2 Stability analysis of supply chains.....	33
4.4 The dynamics of the multi-echelon supply chains.....	38
4.4.1 Description and discrete time model	38
4.4.2 The state space model of the system.....	41
4.4.3 The stability of subsystem.....	44
4.4.4 Dynamics of switched system.....	45
4.5 Conclusion.....	47
Chapter 5 Conclusion and prospect	48
Reference	49
Published papers of author.....	54
Acknowledgements	55

第一章 绪论

本章首先介绍了本课题的研究背景和研究目的、意义。包括供应链动态性及其中信息问题和牛鞭效应研究的背景及其意义；其次是相关文献的综述；最后简略说明本论文的内容安排。

1.1 论文的研究背景与意义

目前随着经济全球化和知识经济的到来，整个市场竞争呈现出国际化、一体化和信息化，企业间的竞争加剧，加上政治、经济、社会环境的巨大变化，这使市场环境更加复杂、消费者的需求瞬息万变，不确定性大大加强，导致需求日益多样化。这改变了传统的竞争方式，完全依靠企业自身的力量创立竞争优势变的越来越难。厂商必须顺应全球化的趋势，才能在更加竞争性的环境中生存与获利。马丁(Martin Christopher)^[7]教授在他的著作《物流与供应链管理》一书中写到：“在 21 世纪市场上只有供应链而没有企业，市场竞争将是供应链和供应链之间的竞争，而不是企业和企业之间的竞争”。因此如今市场竞争考验的不是单个企业的能力而是供应链的综合能力。

供应链系统的结构具有复杂性，是一个复杂的网状结构，层级众多，实体众多，各层级与各个体之间存在复杂的流关系，是一种静态的复杂性，可通过供应链结构的重新整合来降低。而供应链系统的运作复杂性是一种动态的复杂性，是供应链系统在运行过程中所体现的不确定性动态行为。在实施供应链管理项目的过程中，时时受到供应链的动态性和复杂性的影响，供应链系统的动态复杂性成了一个必须面对的问题。

而信息作为供应链各个环节的沟通载体，对企业间的合作、资源有效利用都起着十分重要的作用。然而，在供应链管理的环境下，企业间由于信息不对称、信息延迟、传递机制不完善、信任机制缺乏等原因，产生了信息的扭曲，会导致系统的不稳定及牛鞭效应的产生，因而研究供应链管理中的信息问题及其解决对策显得尤为重要。

1.2 相关文献综述

1.2.1 供应链的复杂动态性

对供应链系统动态性的研究最早出现在 1961 年 Forrester^[18]的经典文献“工业系统的动态性”中。后来 Towill、Disney^{[4][5]}等人采用控制理论及方法对系统的动态性展开了研究,但这些方法多局限于线性分析,假设供应链中各级的订货都能得到满足,并不考虑库存限制等等,对供应链系统进行了过多的简化,其研究结果与实际系统存在很大的差别,并不能揭示除牛鞭效应以外的系统现象^{[11][12][13]}。

Towill^[12]提出了一个基于库存和订货的生产控制系统 (Inventory and Order Based Production Control System, 简称 IOBPCS),他在利用控制系统技术分析该系统时发现若库存调整时间、生产延迟和需求的平滑时间都设置相同时,系统的动态性将大为改善。

Riddalls^[25]从研究方法的角度回顾了几种供应链系统动态性建模的方法:微分方程模型、差分方程模型、离散事件仿真模型和运筹学模型如动态规划、马尔科夫链等。而控制系统理论与方法在处理系统的动态性方面却有着得天独厚的优势,如系统方块图、传递函数、信息流图等可以非常方便地用于分析系统变量间和实体间的关系,而流增益等在供应链中也有很直观的物理意义,如牛鞭效应等。

Disney^{[11][13]}等通过 z 变换的方法构造系统的差分方程,又转化了相应传递函数在状态空间下研究了一类 APVIOBPCS 补货策略下供应链系统的可控性、可观性、及稳定性。对供应链系统动态性的研究,最初主要集中在对牛鞭效应的分析、控制。

国内学者刘会新等^[17]通过状态空间的方法研究了二级链式供应链系统的动态特性,但是研究限于同时存在生产运输提前期和信息提前期。

1.2.2 供应链中牛鞭效应现象

Lee^[1]在 1997 年发表在管理科学杂志的一篇文章中分析了供应链系统中需求信息的扭曲现象,正式提出了“牛鞭效应”的概念,此后,相关文献中普遍

采用了这种提法。牛鞭效应是供应链系统动态复杂性的最简单体现,表现为供应链中需求信息逐级放大并存在时间上的延迟,使得上游成员对需求预测的准确率降低,因而不得不设置高库存来缓冲影响,积压的库存不但带来了高额的存储费用,且常常因滞销造成极大的浪费,另一方面,库存不足时又因缺货丧失销售机会,失去潜在客户。

Burbidge^[41]认为需求放大效应的原因是多阶段的订货造成的,由于不一致的订单流,相互之间糟糕的信息交流以及不确定性共同引起了需求的放大现象,他给出的措施是调整订货策略。

应用控制工程方法进行生产和库存控制,早在可以追溯到 Simmo^[49]用拉氏变换的方法进行生产和库存控制。不久 OR 工作小组把研究转换到更被大家更为接受的 z 变换上来。通过文献检索,很容易发现应用拉氏变换进行研究的要比 z 变换研究的多。可能的原因是应用拉氏变换的方法更容易进行数学运算和处理。而我们所要研究的订至点补货策略下的供应链系统本身就是离散的,不允许我们用拉氏变换进行研究。

Towill 和他的同事们继续利用控制论方法对需求放大效应进行分析。Towill 指出影响需求放大效应的五个因素:①对需求的预测,②干扰因素,③运输延迟和信息延迟,④库存决策策略,⑤不确定性。针对上面的原因他在文献[51]中提出了减少需求延迟的方法:①去掉分销商一级,②对信息流进行集成,③减少时间延迟,④改善在途库存的控制,⑤调整现有的订货策略。

与国外应用控制理论方法研究供应链管理起步较早、发展也相对系统的状况相比,国内供应链管理研究起步较晚,用控制理论方法研究供应链管理发展也很缓慢,相关的学术论文也很少。国内学者马新安等^[26]将自动控制原理用于供应链牛鞭效应产生原因的分析,建立了供应链多级库存控制系统模型,用经典控制论中的根轨迹方法对供应链多级库存系统进行研究,给出了其系统方框图和传递函数,分析了供应链多级库存控制系统稳定的条件,提出了弱化牛鞭效应的相应措施。国内学者黄小原、卢震等研究了供应链系统牛鞭效应的 H_{∞} 控制应用分析,建立了具有多个分销中心和多个客户的单一产品的电子商务系统的动态模型,研究了牛鞭效应的 H_{∞} 控制问题^{[15][16]},牛鞭效应 H_{∞} 控制的意义是在顾客需求波动最大的情况下减弱牛鞭效应的影响,牛鞭效应随机控制的意义

是在顾客需求随机波动情况(如随机波动是高斯过程,则需求波动方差为定常)下,减弱需求放大的影响。研究了具有不确定性要求的供应链牛鞭效应的随机控制问题,在供应链多层控制动态库存模型基础上,研究了顾客端不确定性需求是白噪声,以及其更复杂的情况—有色噪声条件下的供应链模型。并针对在不同的顾客不确定性需求环境,采用随机控制理论对供应链中牛鞭效应进行了抑制控制的研究。台湾学者 Pin-H.Lin^[6]等研究了借助 z 变换方法通过控制器设计来弱化牛鞭效应。Mettters^[28]量化研究牛鞭效应对供应链的影响,研究表明消除牛鞭效应能提高产品收益率 10-30%。

1.2.3 供应链中的信息共享研究

信息共享策略就是把需求信息集中于系统内部,向供应链每一级提供关于用户实际需求的全部信息。他们研究了具有集中和分散需求信息的两种供应链中牛鞭效应的影响,并且应用统计分析的方法证明了信息共享减弱需求放大现象,还进行了若干信息共享减弱牛鞭效应影响的仿真计算和实验。理论研究和仿真结果认为,需求信息完全集中以及 VMI 供应链所有级应用相同的预测方法和库存策略,虽然不能根除牛鞭效应,但是将会大大减弱牛鞭效应的影响。应该说,采用预测方法减弱牛鞭效应是一种最为广泛的信息设计方案。

Chen^[19]等考虑一类由一个生产商和一个零售商的简单二级供应链,零售商利用简单移动平均法和指数平滑法进行需求预测。文章量化研究了需求预测和订单提前期对造成牛鞭效应的影响,并把结果扩大到多级供应链,证明信息共享集中需求信息能够减少但不能完全消除牛鞭效应。Xu^[29]等通过建立预测模型,零售商和制造商各自独立预测下一周期的需求,并根据预测结果向其上游供应商提出订单请求。研究显示,通过有效的信息交换和一致预测能够达到供应链协调。Yuelo 等分析了包含一个制造商和一个零售商的供应链,在三种不同信息共享情况下的库存优化政策: 1)分散控制情况,制造商只收到零售商订单信息; 2)协调情况,制造商收到零售商订单信息和顾客需求信息; 3)集中控制情况,通过电子数据交换和供应商管理库存系统,制造商和零售商同步地收到顾客需求信息,制造商可以直接根据顾客需求而不是根据零售商的订单来制定库存政策。研究显示提高信息共享程度能降低库存水平,减少成本,使整个供

应链达到优化目标。

1.3 本文主要研究内容

本文的研究重点放在供应链中信息流对动态稳定性的影响。主要讨论了供应链系统的数学模型和无信息延迟下供应链系统的动态特性。

本文的内容主要分下面几部分：

第一章绪论 阐述了本课题提出的背景和研究意义。对相关文献做了综述。

第二章 供应链管理与牛鞭效应问题。本章主要介绍了供应链的概念、结构，牛鞭效应的产生机理和影响因素。

第三章 基于控制论的供应链动态模型和牛鞭效应的量化。本章引述了几种基于控制论的供应链系统数学模型，接着介绍了牛鞭效应的量化方法并进行了比较。

第四章 无信息延迟下供应链系统的动态稳定性分析。本章我们考虑了只存在生产运输提前期的情况下，单级供应链系统的动态稳定性问题。在没有订单传递的信息延迟下得出使系统稳定的参数范围。接着研究了多级供应链系统的切换系统模型的稳定性。

第五章 总结与展望。

第二章 供应链管理与信息问题

本章主要介绍供应链的定义和供应链中的需求信息扭曲——牛鞭效应。我们首先介绍供应链的有关知识包括其概念、特征、结构等；接着简述了供应链中的信息问题；最后讨论了供应链中的需求信息传递的放大现象——牛鞭效应的产生机理。

2.1 供应链的概念与结构

2.1.1 供应链的定义和结构

供应链的概念早在 20 世纪 80 年代就已经提出,但至今还没有一个统一的、公认的定义。在不同时期,由于人们对供应链认识的不同,对供应链的定义也不同,随着人们对供应链认识的不断加深和变化,供应链的涵义也得到不断的扩展和完善。下述两种定义广为引用。

比较有代表性的是 HuaL.Lee^[1]对供应链的定义:供应链是指由原材料获取、加工原材料制成中间产品和最终产品,并将产品送到用户手中所涉及的企业和企业部门组成的一个网络。

马士华^[8]则把供应链定义为:供应链是围绕核心企业通过对信息流、物流、资金流的控制,从采购原材料开始,制成中间产品以及最终产品,最后由销售网络把产品送到消费者手中的将供应商、制造商、分销商、零售商,直到最终用户连成一个整体的功能网链结构模式。它是一个范围更广的企业结构模式,它包含所有加盟的节点企业,从原材料的供应开始,经过链中不同企业的制造加工、组装、分销等过程直到最终用户。它不仅是一条连接供应商到用户的物料链、信息链、资金链,而且是一条增值链,物料在供应链上因加工、包装、运输等过程而增加其价值,给所有的节点企业都带来效益。

根据以上对供应链的定义,其结构可以简单的归纳为图 2.1 所示的模型:从图 2.1 可以看出,供应链由所有加盟的节点企业组成——通常有一个核心企业,可以是产品制造企业、批发商或者大型零售企业,节点企业在需求信息的驱动下,通过供应链的职能分工与合作,以资金流、物料流,信息流为媒介实

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库